

AB

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-116621

(43)Date of publication of application : 06.05.1998

(51)Int.Cl.

H01M 4/70

(21)Application number : 08-268340

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 09.10.1996

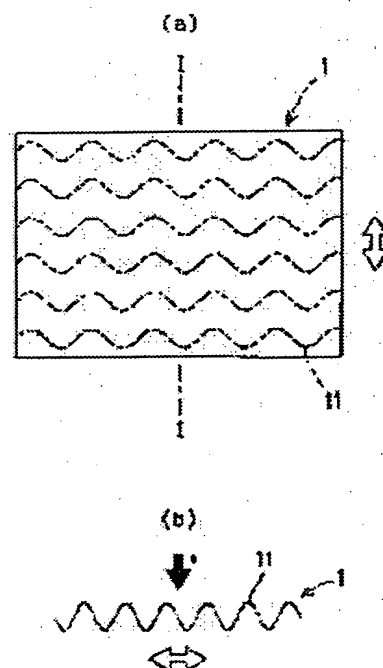
(72)Inventor : OKA YOSHIO  
YAMADA KOICHI

## (54) BASE OF ELECTRODE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent an active material from slipping off, enhance the rate of utilization, and establish high volume production of batteries by forming the ridge of undulation in a wavy form or uncontinuous linear form when it is viewed in the plane direction of the electrode base.

**SOLUTION:** An electrode base 1 is formed from a metal plate provided with a number of openings, wherein the section across the thickness should be in a sine wave form. Also the ridge part 11 of the wave should be in sine wave form when it is viewed in the plane direction of the base 1. As a result, elongative deformation of the base 1 shown by the blank arrows is suppressed by the reinforcing effect in the plane direction based upon the condition that the ridge part 11 is formed in the sine wave, i.e., the reinforcing effect generated chiefly by the curved portion of the sine wave. Accordingly the base 1 will not easily make elongative deformation even though a tensile force or pressing force is applied in the direction of blank or solid arrows when an object wound in a hoop shape is to be paid off, for example, in the mass-producing process of alkaline secondary batteries. This prevents the active material from slipping off, enhances the rate of utilization, and allows establishment of high volume production.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-116621

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月6日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 0 1 M 4/70

識別記号

F I  
H 0 1 M 4/70 Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-268340

(22) 出願日 平成8年(1996)10月9日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 岡 良雄

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 山田 浩一

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内

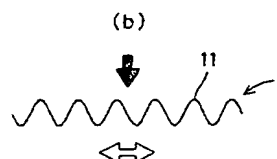
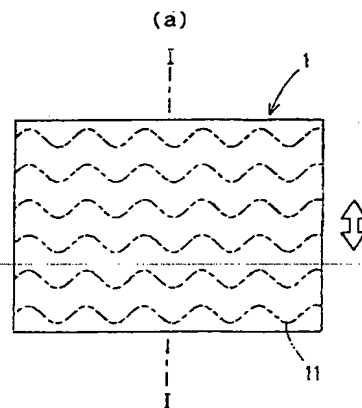
(74) 代理人 弁理士 亀井 弘勝 (外1名)

(54) 【発明の名称】 電極基体

(57) 【要約】

【課題】 開口金属板を波板状に形成したものであつて、しかも外力が加わった際に伸び変形しにくいために、活物質の脱落を防止し、かつ利用率を向上する効果にすぐれるとともに、電池の量産にも適した、新規な電極基体を提供する。

【解決手段】 厚み方向の断面形状を波状に形成するとともに、上記波の尾根部11を、面方向から見て波状または不連続な線状に形成した電極基体1である。



1...電極基体  
11...尾根部

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】多数の開口を有する金属板からなる、電池用の電極基体であって、厚み方向の断面形状が波状に形成されているとともに、上記波の尾根部が、面方向から見て波状または不連続な線状に形成されていることを特徴とする電極基体。

【請求項2】多数の開口を有する金属板が、エキスパンドメタルである請求項1記載の電極基体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は電池、とくにアルカリ二次電池の電極に好適に使用される電極基体に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】アルカリ二次電池は、高信頼性でかつ小型化、軽量化が可能であるため、ポータブル機器用の小型のものから、産業用、大形設備用の大形のものまで、各種装置の電源として多用されている。上記アルカリ二次電池には、正負両極の組み合わせによって多数の種類があるが、ほとんどの場合、正極としてはニッケル電極が使用される。また負極としては、カドミウム電極、亜鉛電極、鉄電極、水素電極等があり、これらのうちカドミウム電極が最も一般的であるが、活物質として水素吸蔵合金を使用した水素電極も、高容量化と低公害化が可能であるため注目されている。

【0003】上記のうちニッケル電極としては最初、いわゆるポケット式のものが用いられていたが、現在は、ニッケル等の導電性材料からなり、かつ多孔質である電極基体の空げき中に、水酸化ニッケルを含む正極用の活物質を充填したものが、電池の密閉化が可能で、しかもポケット式のものよりも電池の特性を向上できるため、一般化している。またカドミウム電極や水素電極としても、上記と同様の多孔質の電極基体の空げき中に、負極用の活物質であるカドミウムや水素吸蔵合金を充填したものが用いられる。

【0004】上記構造の各電極において多孔質の電極基体としては、通常、ニッケル粉末を焼結した焼結体が用いられる。また、上記焼結体よりも活物質の充てん量を多くできるため電池の高容量化に適したものとて、たとえばポリウレタンの発泡体等の、空げき率の大きな3次元網目状構造を有する絶縁性の芯材の表面を金属化、とくにニッケル化して製造される、3次元網目状構造を有する電極基体も知られている。

【0005】しかし、とくにボタン型電池等の小型のアルカリ二次電池用の電極基体としては、エキスパンドメタルやパンチグメタル等の、多数の開口を有する金属板からなるものが、構造が簡単かつ製造が容易で、しかも低コストである等の利点を有するため、実用化に向けて種々の検討がなされている。たとえば特開昭52-118532号公報には、上記の開口金属板を波板状に成形

した電極基体を用いて、当該電極基体と活物質との接触面積を増加させることで、活物質の電極基体からの脱落を防止し、活物質の利用率を向上することが提案されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが上記先願公報の発明にかかる、図5(a)(b)に示すような波板状の電極基体91は、外力が加わった際に、図中白矢印で示す、波が伸びる方向に変形しやすく、かかる伸び変形が発生すると、前述した、活物質の脱落を防止し、利用率を向上するという、波板形状による効果が不十分になるおそれのあることが、発明者らの検討により明らかとなった。

【0007】またとくにアルカリ二次電池の量産工程においては、フープ状に捲回した電極基体を順次、繰り出しながら活物質の充てんと、充てん後の活物質を電極基体に定着させるための加圧とを行っており、繰り出しの際の引張力が上記白矢印の方向に作用したり、あるいは加圧力が、上記白矢印の方向と交差する、図(b)に黒矢印で示す方向に作用したりする機会が多いために、上記のように外力によって伸び変形しやすい電極基体91は、電池の量産に適さないという問題を有することも明らかとなった。

【0008】この発明の目的は、開口金属板を波板状に形成したものであって、しかも外力が加わった際に伸び変形しにくいために、活物質の脱落を防止し、かつ利用率を向上する効果にすぐれるとともに、電池の量産にも適した、新規な電極基体を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、発明者らは、波の形状について種々、検討を行った。その結果、波の尾根部91aを、前記図5(a)(b)に二点鎖線で示すような単純な直線状でなく、電極基体の面方向から見て波状または不連続な線状に形成すると、その形状に基づく面方向への補強効果により、電極基体が、外力によって伸び変形しにくくなることを見出し、この発明を完成するに至った。

【0010】すなわちこの発明の電極基体は、多数の開口を有する開口金属板からなるものであって、厚み方向の断面形状が波状に形成されているとともに、上記波の尾根部が、面方向から見て波状または不連続な線状に形成されていることを特徴とするものである。

## 【0011】

【発明の実施の形態】以下にこの発明の電極基体を、その実施の形態の一例を示す図1(a)(b)を参照しつつ説明する。上記図の例の電極基体1は、多数の開口を有する開口金属板から形成されるもので、その厚み方向の断面形状が、同図(b)に示すように正弦波状に形成されているとともに、上記波の尾根部11が、同図(a)に示すように電極基体1の面方向から見て、やはり正弦波状に形

成されたものである。

【0012】かかる電極基体1は、波の尾根部11が正弦波状に形成されたことに基づく面方向への補強効果、すなわち、主として正弦波の曲線部分による補強効果により、図中白矢印で示す方向への伸び変形が抑制される。このため上記電極基体1は、たとえばアルカリ二次電池の量産工程において、フープ状に捲回したものを繰り出す際等に、上記白矢印の方向へ引張力が作用したり、あるいは充てん後の活物質を電極基体1に定着させるための加圧力等が、図(b)に黒矢印で示す方向に作用したりしても容易に伸び変形しないため、活物質の脱落を防止し、かつ利用率を向上する効果にすぐれるとともに、電池の量産にも適したものとなる。

【0013】なお電極基体1の、厚み方向の断面形状は正弦波状には限定されず、三角波状、台形波状、矩形波状等の他の波状であってもよい。またこれらの波形を組み合わせたものでもよい。あるいはまた大きい波がより小さい波により形成された複合波であってもよい。上記波の波長についても、この発明ではとくに限定されないが、およそ0.5~5mm程度であるのが好ましい。波の波長が上記の範囲未満では、加工が複雑になって生産性が低下するおそれがあり、逆に上記の範囲を超えた場合には、活物質の保持性が低下するおそれがある。

【0014】また、上記波に基づく電極基体1の厚み、つまり波の振幅に開口金属板の厚みを加えた寸法は、当該電極基体1を使用する電池のサイズ等に応じて適宜、設定すればよいが、通常は、0.5~4mm程度が好ましい。さらに波の尾根部11の形状も、前記正弦波状には限定されず、種々の形状とすることができる。

【0015】たとえば図2(a)に示した電極基体1は、上記尾根部11を三角波状に形成したものであり、図2(b)に示した電極基体1は、台形波状に形成したものである。これらの電極基体1はそれぞれ、主として波の角の部分による補強効果により、図中白矢印で示す方向への伸び変形が抑制される。

【0016】また、図3(a)に示した電極基体1は、尾根部11を、直線の途中に半円部を左右に交互に規則的に突出させた波状に形成したものであり、主として上記半円部による補強効果により、図中白矢印で示す方向への伸び変形が抑制される。さらに図3(b)に示した電極基体1は、尾根部11を不連続な直線状に形成したものであり、主として各直線の端に形成される曲面部による補強効果により、図中白矢印で示す方向への伸び変形が抑制される。

【0017】上記のうち、波の尾根部11を波状に形成するものにおいては、その波長が10mm以下で、かつその振幅が0.2~5mm程度であるのが好ましい。波の尾根部11の波長が上記の範囲を超えた場合には、波中の部位による補強効果の違いが大きくなって、伸び変形を抑制する効果にばらつきを生じるおそれがある。ま

た波の尾根部11の振幅が上記の範囲未満では、伸び変形を抑制する効果が不十分になるおそれがあり、逆に上記の範囲を超えた場合には、各図中に白矢印で示した方向と、電極基体1の面内で直交する方向への伸び変形が、かえって大きくなるおそれがある。

【0018】上記の各電極基体1を構成する開口金属板としては、生産性の観点から、従来同様にエキスパンドメタルやパンチングメタルが好適に使用されるが、エッチング加工、ドリル加工、プレス加工等によって多数の開口を形成した金属板を使用することもできる。上記のうち図4(a)(b)に示すエキスパンドメタル1aは、同一方向に伸びる多数の直線状の切込みを入れた金属板を、上記切込みと直交する方向に延伸(エキスパンド)して、図に見るように切込みを略菱形に開口させることにより製造されるもので、金属板自体の厚みもよりも十分に大きな厚みTを有するとともに開口率が大いいために、活物質の充てん量を多くできるとともに、その開口を構成する骨格が、図(b)に見るように、エキスパンドメタル1aの面方向に対して傾きを有しているため、活物質の保持性が高い等の利点を有している。

【0019】上記エキスパンドメタル等の開口金属板における開口の大きさは、この発明ではとくに限定されず、開口金属板の種類や厚み、あるいは使用する電池の種類等に応じて適宜、変更することができるが、一般的には、0.01~10mm<sup>2</sup>程度が好ましい。また開口金属板を構成する金属板の厚み(たとえばエキスパンドメタルの場合は図(b)中のtに相当)は、10~200μm程度であるのが好ましい。

【0020】金属板の厚みが上記の範囲未満では、電極基体全体の強度が不十分となって、前述した、波の尾根部11の形状によって伸び変形を抑制する効果が不十分になるおそれがある。また逆に、金属板の厚みが上記の範囲を超えた場合には加工性が不十分となって、後述するプレス加工等によって、前記のような波板状に加工するのが容易でなくなるおそれがある。

【0021】上記の開口金属板を構成する金属としては、アルカリ二次電池用の電極基体の場合、アルカリ電解液に対して安定な種々の金属材料がいずれも使用可能であり、とくにニッケルを使用するの理想的であるが、ニッケルの薄板は高価であるため、鉄等の、加工が容易でかつ安価な他の金属材料からなる薄板の表面に、金属の溶出を防止すべくニッケルを被覆したものが好適に使用される。

【0022】この発明の電極基体は、上記のエキスパンドメタルやパンチングメタル等の開口金属板を、たとえば前記各図に示した例のように、厚み方向の断面形状が波状で、かつ波の尾根部が、面方向から見て波状または不連続な線状となるようにプレス加工、曲げ加工等することにより製造される。かかるこの発明の構成は、前述したようにアルカリ二次電池用の、ニッケル電極用の電

極基体に最も好適に適用できるが、アルカリ二次電池用の他の電極、たとえばカドミウム電極、亜鉛電極、鉄電極、水素電極等の負極側の電極基体や、あるいは鉛蓄電池その他、各種の電池用の電極基体等にも適用可能である。

#### 【0023】

【実施例】以下にこの発明の電極基体を、実施例に基づいて説明する。

#### 実施例1

図4(a)(b)に示す形状を有し、かつその送りピッチ $P=0.2\text{mm}$ 、横方向の開口ピッチ $LW=1.4\text{mm}$ 、縦方向の開口ピッチ $SW=0.8\text{mm}$ 、厚み $t=50\mu\text{m}$ 、目付け重量 $250\text{g/m}^2$ の、亜鉛めっき鉄板製のエキスパンドメタルを希塩酸で処理して、表面の亜鉛めっき層を除去した。

【0024】つぎにこのエキスパンドメタルを、図1(a)(b)に示すように厚み方向の断面形状が正弦波状で、かつ波の尾根部11が、面方向から見てやはり正弦波状となるようにプレス加工した。なお、厚み方向の正弦波の波長は $2\text{mm}$ 、正弦波の振幅+エキスパンドメタルの厚みで求められる電極基体1の全体の厚みは $1.5\text{mm}$ 、尾根部11の正弦波の波長は $3\text{mm}$ 、振幅は $1\text{mm}$ とした。

【0025】そして、上記のようにプレス加工したエキスパンドメタルを電解めっきして、目付け重量 $450\text{g/m}^2$ のアルカリ二次電池用の電極基体を製造した。

#### 実施例2

実施例1で使用したのと同じエキスパンドメタルを希塩酸で処理して、表面の亜鉛めっき層を除去した後、厚み方向の断面形状が正弦波状で、かつ波の尾根部11が、図2(a)に示すように面方向から見て三角波状となるようにプレス加工した。なお、厚み方向の正弦波の波長は $2\text{mm}$ 、正弦波の振幅+エキスパンドメタルの厚みで求められる電極基体1の全体の厚みは $1.5\text{mm}$ 、尾根部11の三角波の波長は $3\text{mm}$ 、振幅は $1\text{mm}$ とした。

【0026】そして、上記のようにプレス加工したエキスパンドメタルを電解めっきして、目付け重量 $450\text{g/m}^2$ のアルカリ二次電池用の電極基体を製造した。

#### 実施例3

実施例1で使用したのと同じエキスパンドメタルを希塩酸で処理して、表面の亜鉛めっき層を除去した後、厚み方向の断面形状が正弦波状で、かつ波の尾根部11が、図2(b)に示すように面方向から見て台形波状となるようにプレス加工した。なお、厚み方向の正弦波の波長は $2\text{mm}$ 、正弦波の振幅+エキスパンドメタルの厚みで求められる電極基体1の全体の厚みは $1.5\text{mm}$ 、尾根部11の台形波の波長は $3\text{mm}$ 、振幅は $1\text{mm}$ とした。

【0027】そして、上記のようにプレス加工したエキスパンドメタルを電解めっきして、目付け重量 $450\text{g/m}^2$ のアルカリ二次電池用の電極基体を製造した。

#### 実施例4

実施例1で使用したのと同じエキスパンドメタルを希塩酸で処理して、表面の亜鉛めっき層を除去した後、厚み方向の断面形状が正弦波状で、かつ波の尾根部11が、図3(a)に示すように面方向から見て直線と半円を組み合わせた波状となるようにプレス加工した。なお、厚み方向の正弦波の波長は $2\text{mm}$ 、正弦波の振幅+エキスパンドメタルの厚みで求められる電極基体1の全体の厚みは $1.5\text{mm}$ 、尾根部11の台形波の波長は $3\text{mm}$ 、振幅は $1\text{mm}$ とした。

【0028】そして、上記のようにプレス加工したエキスパンドメタルを電解めっきして、目付け重量 $450\text{g/m}^2$ のアルカリ二次電池用の電極基体を製造した。

#### 実施例5

実施例1で使用したのと同じエキスパンドメタルを希塩酸で処理して、表面の亜鉛めっき層を除去した後、厚み方向の断面形状が正弦波状で、かつ波の尾根部11が、図3(b)に示すように面方向から見て不連続な直線状となるようにプレス加工した。なお、厚み方向の正弦波の波長は $3\text{mm}$ 、正弦波の振幅+エキスパンドメタルの厚みで求められる電極基体1の全体の厚みは $1.5\text{mm}$ 、直線状の尾根部11の長さは $6\text{mm}$ 、不連続部分、つまりとなりあう尾根部11間の距離は $3\text{mm}$ とした。

【0029】そして、上記のようにプレス加工したエキスパンドメタルを電解めっきして、目付け重量 $450\text{g/m}^2$ のアルカリ二次電池用の電極基体を製造した。

#### 実施例6

半径 $1\text{mm}$ の円形の開口が $2.8\text{mm}$ 間隔で穿設された、厚み $50\mu\text{m}$ 、目付け重量 $250\text{g/m}^2$ の、亜鉛めっき鉄板製のパンチングメタルを希塩酸で処理して、表面の亜鉛めっき層を除去した。

【0030】つぎにこのパンチングメタルを、図1(a)(b)に示すように厚み方向の断面形状が正弦波状で、かつ波の尾根部11が、面方向から見てやはり正弦波状となるようにプレス加工した。なお、厚み方向の正弦波の波長は $2\text{mm}$ 、正弦波の振幅+パンチングメタルの厚みで求められる電極基体1の全体の厚みは $1.5\text{mm}$ 、尾根部11の正弦波の波長は $3\text{mm}$ 、振幅は $1\text{mm}$ とした。

【0031】そして、上記のようにプレス加工したパンチングメタルを電解めっきして、目付け重量 $450\text{g/m}^2$ のアルカリ二次電池用の電極基体を製造した。

#### 比較例1

実施例1で使用したのと同じエキスパンドメタルを希塩酸で処理して、表面の亜鉛めっき層を除去した後、図5(a)(b)に示すように、厚み方向の断面形状が正弦波状で、かつ波の尾根部11が面方向から見て直線状となるようにプレス加工した。なお、厚み方向の正弦波の波長は $2\text{mm}$ 、正弦波の振幅+エキスパンドメタルの厚みで求められる電極基体1の全体の厚みは $1.5\text{mm}$ とし

た。

【0032】そして、上記のようにプレス加工したエキスパンドメタルを電解めっきして、目付け重量450g/m<sup>2</sup>のアルカリ二次電池用の電極基体を製造した。

#### 実用試験

上記各実施例、比較例で製造した電極基体に、下記の各成分からなるペースト状のニッケル電極用の活物質を加圧充てんした後、その表面を平滑化し、120℃で1時間、乾燥させた。

〈ニッケル電極用活物質〉

(成分) (重量部)

球状水酸化ニッケル粉末 75

コバルト粉末 3

酸化コバルト粉末 4

ポリビニルアルコール水溶液(2重量%) 18

つぎに、上記乾燥物を平板プレス機によってプレスして、その厚みを0.7mmに調整した後、幅13mm、長さ30mmに裁断し、さらにリード線をスポット溶接してニッケル電極を製造した。

【0033】上記ニッケル電極は、充てんした活物質の量から計算した公称容量が180mAhであった。つぎに、上記ニッケル電極と組み合わせる負極として、市販の発泡ニッケル基体中に、La-Ni系水素吸蔵合金である、 $MmNi_{3.7}Mn_{0.4}Al_{0.3}Co_{0.6}$ を充てんした後、厚み0.5mm、幅13mm、長さ30mmに裁断し、さらにリード線をスポット溶接した水素電極を製造した。

【0034】そして、上記のニッケル電極1枚、水素電極2枚と、セパレータとしての、親水処理したポリプロピレン不織布と、電解液(比重1.26の苛性カリ水溶液に30g/リットルの水酸化リチウムを溶解したもの)とを用いて、角形の密閉型ニッケル-水素電池を製造した。なお上記電池は、前記各実施例、比較例で製造した電極基体を用いたものを、それぞれ10個ずつ製造した。

【0035】そして上記の電池を用いて、以下の各試験を行い、各10個の電池の平均値を求めた。

#### 試験I

化成終了後の電池を、5時間率で容量の120%まで定電流充電した後、放電電流20mA、終止電圧0.9Vの条件で、その放電容量を測定した。

#### 【0036】試験II

上記試験Iが終了した電池を、再び5時間率で容量の120%まで定電流充電した後、放電電流180mA、終止電圧0.9Vの条件で、その放電容量を測定した。

#### 試験III

上記試験IIが終了した電池に対し、2時間率で容量の120%まで定電流充電した後、放電電流90mAで、終止電圧0.9Vまで放電する充放電サイクルを繰り返して、そのうち5サイクル目、100サイクル目および200サイクル目における放電容量を測定した。

【0037】以上の結果を表1に示す。

【0038】

【表1】

	放電容量 (mAh)				
	試験 I	試験 II	試験 III		
			5 サイクル目	100 サイクル目	200 サイクル目
実施例 1	174	110	163	148	133
実施例 2	174	108	161	146	132
実施例 3	172	105	160	143	130
実施例 4	172	103	160	144	129
実施例 5	170	100	156	139	123
実施例 6	172	103	159	143	127
比較例 1	140	60	121	105	81

【0039】上記表1より、比較例1の電極基体を用いた電池は、実施例1～6の電極基体を用いたものに比べて容量が低いことがわかった。そこで電池を分解して電極基体を確認したところ、実施例1～6の電極基体には異常は見られず、製造時と同じ形状を維持していたが、比較例1の電極基体は、前記図5(a)(b)中に白矢印で示す方向に伸び変形しているのが確認された。この伸び変

形は、ニッケル電極の製造時の外力により発生したものと推測される。

【0040】

【発明の効果】以上、詳述したようにこの発明によれば、外力が加わった際に伸び変形しにくいために、活物質の脱落を防止し、かつ利用率を向上する効果にすぐれるとともに、電池の量産にも適した、新規な電極基体を

提供できるという特有の作用効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】同図(a)は、この発明の電極基体の、実施の形態の一例を示す平面図、同図(b)は、上記図(a)のI-I線断面図である。

【図2】同図(a)(b)はそれぞれ、この発明の電極基体の、実施の形態の他の例を示す平面図である。

【図3】同図(a)(b)はそれぞれ、この発明の電極基体の、実施の形態のさらに他の例を示す平面図である。

【図4】同図(a)は、この発明の電極基体を構成する開口金属板の一例としてのエキスパンドメタルの拡大平面図、同図(b)は、上記図(a)のIV-IV線断面図である。

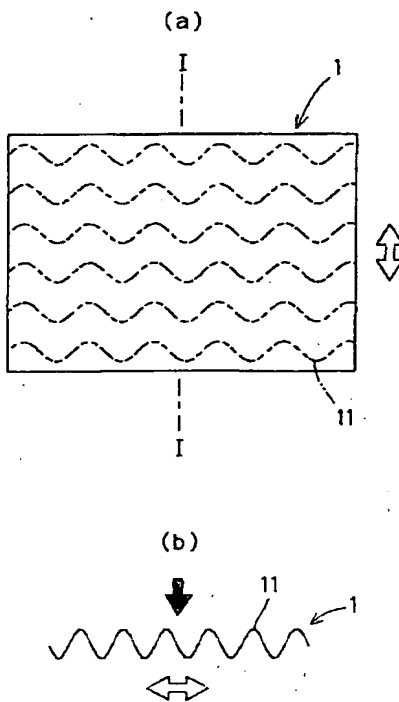
【図5】同図(a)は、従来の電極基体の一例を示す平面図、同図(b)は、上記図(a)のV-V線断面図である。

【符号の説明】

1 電極基体

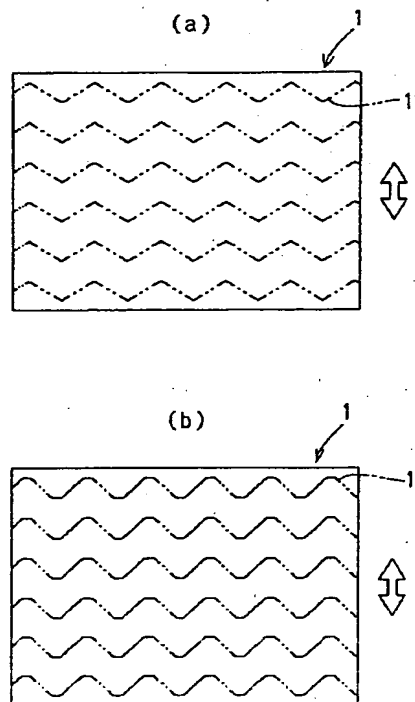
11 尾根部

【図1】



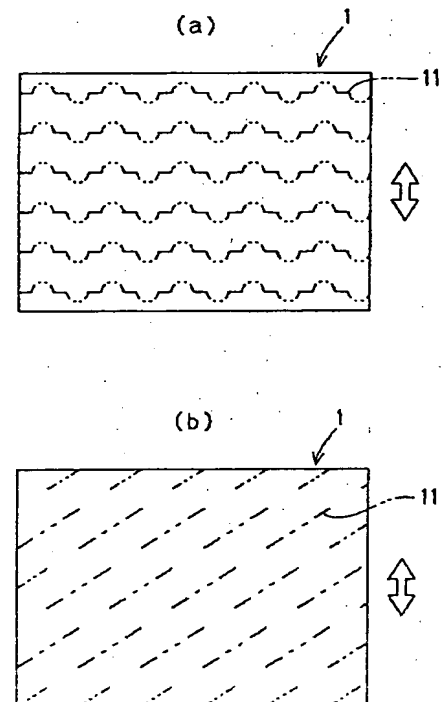
1…電極基体  
11…尾根部

【図2】



1…電極基体  
11…尾根部

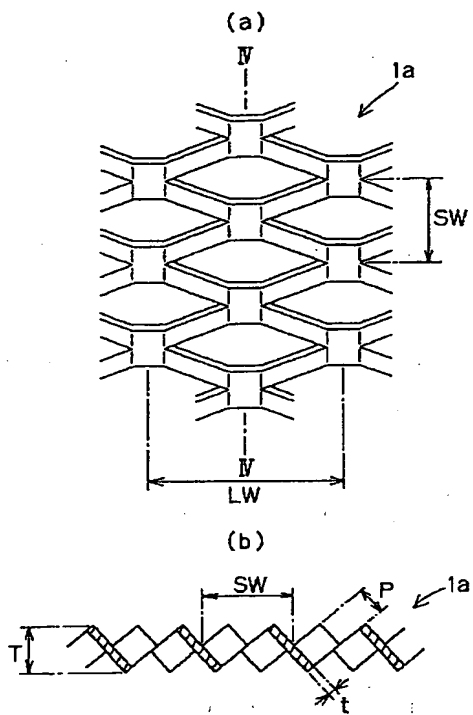
【図3】



1…電極基体  
11…尾根部



【図4】



【図5】

